



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO E SAÚDE
CURSO DE NUTRIÇÃO

CAFEÍNA E CARBOIDRATO COMO RECURSO ERGOGÊNICO NO
ESPORTE

Caíque Fagundes Rauber
Professor Orientador: Dr. Caio Eduardo G. Reis

Brasília, 2015

RESUMO

A suplementação antes e/ou durante o exercício físico tem sido muito comum para auxiliar o atleta em seu desempenho físico e recuperação. O uso de carboidrato e cafeína associados vem sendo utilizado com o objetivo de diminuir a fadiga. Diante disso, o presente trabalho consiste em analisar sistematicamente os resultados dos artigos que avaliaram os efeitos desta suplementação em diversas modalidades esportivas. Dentre os resultados obtidos, 11 apresentaram algum efeito benéfico e 2 não tiveram melhora com a ingestão de carboidrato e cafeína. Os estudos apontam doses com efeito ergogênico na faixa de 0,3 a 2,6g/Kg/dia de carboidrato e 3 a 6mg/Kg/dia de cafeína. Apesar de existirem vários mecanismos que indiquem a melhoria do desempenho com a suplementação de carboidrato e cafeína em diferentes momentos do treinamento, ainda são necessários mais estudos que esclareçam essa vantagem em diferentes modalidades e metodologias de treinamento.

PALAVRAS-CHAVE: cafeína, carboidrato, desempenho esportivo, exercício, efeito ergogênico.

ABSTRACT

Supplementation before and / or during exercising has been very common to assist the athletes in their physical performance and recovery. The associated use of carbohydrate and caffeine has been used in order to reduce fatigue. Thus, the present work consists in systematically analyze the results of articles that assessed the effects of supplementation in different sports disciplines. Among the obtained results, 11 showed some beneficial effect and 2 had no improvement with the intake of carbohydrates and caffeine. Studies indicate ergogenic effect with doses in the range of 0.3 to 1.8g / Kg / day of carbohydrate and 3 to 6 mg / kg / day of caffeine. Despite existing several mechanisms that indicate performance improvement with supplementation of carbohydrate and caffeine at different times of training, more studies are still necessary to clarify this advantage in different modalities and training methodologies.

KEY WORDS: caffeine, carbohydrate, performance, exercise, ergogenic effect.

INTRODUÇÃO

Entre as diversas estratégias usadas para potencializar o desempenho no meio esportivo, destaca-se o uso de recursos ergogênicos pela possibilidade de maximizar o desempenho ou melhorar de alguma forma as variáveis que modulam o resultado final (CARNEIRO et al., 2013). São considerados recursos ergogênicos qualquer tipo de técnica de treinamento, dispositivo mecânico, prática nutricional, método farmacológico ou psicológico que possa melhorar as adaptações ao treinamento levando a melhora no desempenho físico (KREIDER et al., 2010).

A fadiga é apontada como fator limitante do desempenho esportivo e constitui um fenômeno complexo ou até mesmo um conjunto de fenômenos de interação simultânea com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (DAVIS, BAILEY, 1997).

Neste sentido, a utilização de suplementos nutricionais e substâncias com potencial ergogênico tem se mostrado eficiente por retardar o surgimento da fadiga e aumentar o poder contrátil do músculo esquelético e/ou cardíaco, aprimorando a capacidade de realizar trabalho físico, ou seja, o desempenho esportivo (ALTIMARI et al., 2006).

Recursos nutricionais ergogênicos são comumente usados por atletas de elite e amadores como um método de melhorar o desempenho esportivo durante as competições tanto de *endurance* quanto de força/potência. Dois recursos que têm sido rotineiramente usados por atletas e investigados ao longo de várias décadas, são os carboidratos (CHO) e a cafeína (CAF), (SCOTT et al., 2011).

Os CHO são importantes substratos energéticos para a contração muscular durante o exercício prolongado realizado sob intensidade moderada/alta e em exercícios de alta intensidade e curta duração. A utilização de estratégias nutricionais envolvendo a ingestão de uma alimentação rica em carboidratos antes da prática de exercícios físicos aumentam as reservas de glicogênio, tanto muscular quanto hepático, levando a melhora no desempenho físico. Já a ingestão de CHO durante o esforço ajuda na manutenção da

glicemia retardando a fadiga e quando utilizado ao final do exercício físico visa repor os estoques depletados e garantir a recuperação e o padrão anabólico (ROGATTO., 2003).

O metabolismo de CHO tem papel crucial no suprimento de energia para o exercício físico. O exercício prolongado reduz acentuadamente a concentração de glicogênio muscular, exigindo constante preocupação com a sua reposição (CARVALHO, 2003). Está bem estabelecido que a ingestão de CHO durante o exercício prolongado (≥ 1 h), atrasa o aparecimento da fadiga e melhora o desempenho do exercício. A melhora observada no desempenho dos exercícios de *endurance* tem sido geralmente atribuída às taxas de fornecimento de uma fonte exógena de combustível, aumento na oxidação de CHO e manutenção da glicose no sangue para otimizar e suprir as necessidades energéticas para sustentar os exercícios de alta intensidade duradouros (CONGER et al., 2011; LIBERALI et al., 2008).

A CAF é uma das substâncias mais consumidas em todo mundo já que está presente em diversos produtos e alimentos disponíveis no mercado. Nas últimas décadas, seu consumo, visando efeitos estimulantes, tem aumentado consideravelmente no meio esportivo devido aos estudos sobre seus efeitos ergogênicos comprovados mostrando capacidade de potencializar a *performance*. Isso pode ser atribuído em parte a sua ampla disponibilidade, baixo custo, facilidade de administração e uma rápida meia-vida (BRAGA, ALVES., 2000).

A CAF (1,3,7-trimetilxantina) é um derivado da xantina, quimicamente relacionada a outras xantinas: teofilina (1,3-dimetilxantina) e teobromina (3,7-dimetilxantina) que se diferenciam pela potência de suas ações farmacológicas sobre o sistema nervoso central (SNC) (ALTIMARI et al., 2006). Além disso, a CAF tem efeito na estimulação da lipólise, o que pode de ser útil para atletas em treinamento prolongado, fazendo com que o organismo utilize a gordura como fonte de energia poupando o glicogênio muscular; com isso o corpo tem uma maior resistência à fadiga. Por esses fatores que a CAF vem sendo

consumida por atletas e praticantes de atividade física com o objetivo de melhorar o desempenho físico (ALTIMARI et al., 2001).

Além disso, outros mecanismos têm sido propostos para o efeito ergogênico da CAF, incluindo os relacionados ao SNC e a ações periféricas no músculo esquelético. Por exemplo, a inibição dos receptores de adenosina, antagonista no SNC, pode explicar a menor percepção de esforço frequentemente observada após o consumo de CAF durante o exercício. Além disso, mecanismos periféricos tais como a melhoria da produção da força muscular esquelética podem também fundamentar esses supostos benefícios (ALTIMARI et al., 2006; CONGER et al., 2011; GRAHAM et al., 2000).

A CAF esteve incluída na lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Antidoping na classe de estimulantes (A) até o final de 2003, mas logo depois ela foi excluída da lista, porém foi incluída em um programa de monitoramento. Atualmente, o comitê Olímpico Internacional classifica CAF como uma droga restrita, tendo doping positivo em concentrações acima de 12mg/L na urina (ALTERMANN et al., 2008).

As bebidas energéticas são exemplos de recursos ergogênicos nutricionais amplamente utilizados atualmente, tendo o CHO e a CAF como componentes principais. Portanto, elas associam benefícios de ambos, tendo como principal efeito ergogênico a otimização da utilização de energia durante a contração muscular, além de diminuir a percepção subjetiva de esforço (PSE), o que permite que o atleta obtenha melhor desempenho e execute seu esporte com menor índice de fadiga (CORREA et al., 2014).

Desta forma, alguns estudos buscam avaliar se a suplementação com CHO e CAF traria uma melhora adicional no desempenho físico. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo analisar criticamente os dados publicados em artigos científicos que avaliaram o potencial ergogênico da suplementação do CHO junto com a CAF, destacando os possíveis mecanismos de ação e suas relações com um melhor desempenho em atividades físicas que exigem muito esforço físico. Além de, analisar a dosagem necessária para a obtenção do melhor resultado assim como as quantidades potencialmente prejudiciais à

saúde do indivíduo. Comparar em qual tipo de exercício a suplementação do CHO com a CAF terá um maior benefício e discutir os possíveis efeitos colaterais e suas consequências pelo uso abusivo destas substâncias.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste em revisão sistemática da literatura buscando artigos publicados até outubro de 2015 nas bases de dados eletrônicas PubMed, EBSCO, DynaMed e Scielo. Utilizou-se as seguintes palavras chaves isoladamente e combinadas: *caffeine*, *carbohydrate*, *performance*, *exercise*, *ergogenic effects* e seus respectivos em português. Os artigos utilizados foram, artigos clínicos originais em humanos escritos em inglês, espanhol e português cujos objetivos consistiam em analisar os efeitos da suplementação conjunta de CHO e CAF no desempenho físico. Excluiu-se estudos epidemiológicos e revisões da literatura.

Para cada artigo incluído foram exploradas as seguintes informações: local e ano em que o estudo foi conduzido, ano de publicação, tipo de estudo, tipo de procedimento, métodos estatísticos utilizados, resultados encontrados e mecanismos propostos e/ou discutidos. Avaliou-se também os critérios de inclusão por meio da leitura do resumo e metodologia dos artigos.

RESULTADOS

Ao final da pesquisa foram identificados 39 artigos para a inclusão no estudo. Após a primeira análise dos critérios de inclusão e exclusão, 20 foram eliminados por não avaliar desempenho físico e seis por não atenderem os critérios de inclusão: protocolo inadequado, não apresentou um exercício que pudesse avaliar a resistência física, avaliou a concentração de urina após o exercício e outro que era muito antigo (1987) se diferenciando metodologicamente dos demais. Por fim, apenas 13 ensaios clínicos foram utilizados nesta revisão. Em quatro artigos a suplementação foi ofertada antes do teste; em oito, antes e durante; e em um, somente durante o teste. A tabela 1 descreve as metodologias utilizadas e os momentos da suplementação.

Em relação ao desenho experimental do estudo, quatro estudos foram duplo-cego cruzado, três duplo-cego, um randomizado, um duplo-cego randomizado, um randomizado cruzado, um duplo cego randomizado cruzado e um não especificou o desenho do estudo. Tais informações são importantes, para avaliar as possíveis falhas metodológicas, pois a partir delas podemos avaliar os estudos de acordo com suas qualidades metodológicas.

As doses de CHO e CAF foram bem variadas entre os estudos, tendo apenas um estudo não identificado. Foram utilizadas doses por quilograma (Kg) de peso corporal, doses em gramaturas fixas ou por porcentagem de solução. As doses de CAF variaram entre 3,7mg/Kg a 8,0 mg/Kg (em oito estudos), entre 100mg a 300mg (em três estudos). As doses de CHO variaram entre 0,3g/Kg a 2,6g/Kg (em oito estudos), entre 21,6g a 137,2g em três estudos. Somente um estudo não descreveu a gramatura de CHO e CAF, pois a metodologia envolvia bochecho bucal com soluções (1,2% de CAF e 6,0% de CHO) e não o consumo (**tabela 1**).

De forma geral, os artigos apresentaram resultados positivos quanto a junção do CHO associado à CAF administrados em diferentes momentos dos testes, como diminuição da PSE e do índice de fadiga (IF). Dentre os estudos consultados, 84,6% (n = 11) apresentaram efeitos benéficos significativos e 15,4% (n = 2) não tiveram melhora com a ingestão de CHO e CAF juntos (**tabela 1**).

Tabela 1. Descrição dos artigos analisados

Autor, ano	Desenho do estudo	Amostra	Doses e administração	Tipo de teste	Resultados
<i>Antes e durante o teste</i>					
Miller et al., 2014	Duplo cego, randomizado e cruzado	6 homens ciclistas com idade de 18 a 40 anos	Bebida contendo: 1g/Kg CHO ou PLA, fracionada à cada 15m de treinamento. CAF 3mg/kg, ou PLA, 1h antes e 40m de treinamento.	Ciclismo: 80 min. a 65% VO ₂ máx. + <i>sprint</i> de 5 kJ/Kg contra relógio	CHO + CAF: melhorou o desempenho no contra relógio vs. PLA.
Cooper et al., 2013	Randomizado	10 homens atletas recreacionais com idade média de 23 anos	Gel contendo: CHO 25mg, ou CHO 25mg + CAF 100mg, em 3 momentos. 1h antes, 5min. antes e durante.	Corrida: 8,5km/h aumentando 0,5km/h a cada minuto + Teste de <i>sprint</i> intermitente por 10 min.	CHO + CAF: diminuiu PSE vs. PLA CHO + CAF: menor IF vs. CHO isolado e PLA
Acker-Hewitt., 2011	Duplo cego randomizado	10 homens ciclistas idade de 28 a 37 anos	4 ensaios: Cápsula 6mg/kg CAF, ou PLA, 1h antes. Bebida contendo: 20g CHO, ou PLA imediatamente antes e em 2 momentos durante.	Ciclismo: 20min. A 60% VO ₂ máx. + Contra relógio 20Km.	CHO + CAF: melhorou o desempenho nos 20 km (3,4%, 84s) em comparação com os outros ensaios.
Gant; Ali;	Duplo cego e	15 homens	Bebida contendo: 1,8 g /Kg CHO,	Corrida: 90 min. de	CHO + CAF:

Foskett, 2010	cruzado	jogadores de futebol com idade média de 21 anos	ou 1,8g/Kg CHO + 3,7mg/Kg CAF. Fracionada e ingerida 1h antes e a cada 15m de exercício.	<i>sprint</i> intermitente	aumento na velocidade da corrida vs. CHO. CHO + CAF: aumentou a potência em MMII vs. CHO.
Roberts et al., 2010	Randomizado e cruzado	8 homens atletas de rugby com idade média de 22 anos	3 ensaios. CHO 1,2g/Kg, ou PLA. Antes e durante o treinamento. CAF 4mg/Kg ou PLA, 1h antes do treinamento.	100 min. de Teste físico envolvendo corrida intermitente e agilidade	CHO + CAF: melhorou o desempenho em 2% vs. PLA. CHO + CAF: melhora nas habilidades motoras vs. PLA e CHO.
Gutierrez et al., 2009	Duplo cego	18 homens jogadores de futebol de 15 a 17 anos	Bebida energética 5min. antes e durante os testes, contendo ao todo: 137,2g CHO, ou 137,2g CHO + 250mgCAF	Teste físico motores (salto vertical e agilidade) antes e depois da partida de futebol	CHO + CAF: aumentou a potência em MMII vs. CHO
Hogervorst et al., 2008	Duplo cego, randomizado e cruzado	24 homens treinados e saudáveis de 23 a 28 anos	Barras contendo: CHO 44.9g, ou CHO 44.9g + CAF 100mg, em 3 momentos diferentes : 5min. antes, 55min. durante e 115m durante o treinamento + bebida PLA.	Ciclismo 150 min. A 60% VO2 máx. + Exercício de exaustão a 75% do VO2 máx. até a exaustão.	CHO + CAF: diminuiu PSE e melhorou o tempo no desempenho vs. CHO

Walker et al., 2007	Duplo cego e cruzado	12 homens ciclistas com idade média de 22 anos	4 Ensaios. Cápsula com CAF 6mg ou PLA, 1h antes do teste. Bebida com CHO 0,3g/kg ou PLA aos 15m, 45m, 75m e 105min de teste.	Ciclismo: 120 min. a 65% VO2 máx.	CHO + CAF: menor PSE vs. CHO e PLA. CHO + CAF atenuou significativamente nas respostas da epinefrina e IL-6
Antes do teste					
Scott et al., 2015	Duplo cego	13 homens atletas recreacionais com idade média de 21 anos	Gel contendo: CHO 21,6g ou CHO 21,6g + CAF 100mg. Administrado 10 minutos antes do teste.	Remo: 2.000 metros	CHO + CAF: melhor desempenho em 5,2 segundos vs. CHO
Lee et al., 2014	Duplo cego	11 mulheres com idade média de 21 anos, praticantes de (basquete e vôlei).	4 ensaios. Cápsula com CAF 6mg/kg, ou PLA. 1h antes do treinamento. Solução contendo CHO 0,8g/kg ou PLA, imediatamente antes do treinamento.	Teste de agilidade + Teste de ciclismo: 10 séries de 5 <i>sprints</i> de 4 seg. cada com recuperação de 2 min. entre cada série	Não significativa
Lee et al., 2014	Duplo cego e randomizado	12 homens atletas recreacionais com idade	4 ensaios. Cápsula com CAF 6mg/kg, ou PLA. 1h antes do treinamento. Solução contendo	Ciclismo: 10 séries de 5 <i>sprints</i> de 4 seg. cada com recuperação de 2 min. entre cada	CHO + CAF: redução de 5,2% no total de trabalho vs. PLA.

		média de 20 anos	CHO 0,8g/kg, ou PLA. Imediatamente antes do treinamento.	série	CHO + CAF: aumento IF vs. CAF e PLA durante o set 9 e durante o <i>sprint</i> final comparado com PLA
Beaven et al., 2013	Duplo cego e cruzado	8 homens atletas recreacionais com idade média de 32 anos	5 seg. de bochecho: * solução a 6% CHO * solução a 6% CHO + 1,2% CAF	Ciclismo 5 x 6 séries de <i>sprint</i> com 24 seg. de recuperação.	CHO + CAF: aumentou pico de potência em <i>sprint</i>
<i>Durante o teste</i>					
Hulston; Jeukendrup., 2008	Duplo cego cruzado	10 homens ciclistas treinados com idade média de 27 anos	3 ensaios. Solução líquida contendo: CHO 0,49g/Kg + PLA, ou CHO 0,49g/Kg + 5,3mg/Kg CAF, ou somente PLA. As bebidas contendo uma das opções, foram ingeridas ao longo dos ensaios.	Ciclismo: 105 min. a 62% VO2 máx. + 45 min. contra relógio	CHO + CAF: melhor desempenho no contra relógio de 4,6% em comparação com CHO e 9% em comparação com o PLA.

CHO: Carboidratos; CAF: Cafeína; PLA: Placebo; Kg: Quilograma; Min.: Minutos; Seg.: Segundos; VO2 máx.: Volume máximo de oxigênio consumido; N.I.: Não informado; PSE: Percepção subjetiva de esforço; IF: índice de fadiga; MMII: membros inferiores; IL6: Interleucina6

DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática aponta que a coingestão de CHO com CAF pode melhorar significativamente o desempenho físico em diversas populações submetidas a exercício físico de diferentes modalidades e/ou testes, como no ciclismo, remo, rugby, futebol, testes físicos motores, de agilidade e de corrida.

Os estudos demonstram que a ingestão do CHO associada à CAF é um potente aliado do desempenho esportivo. Dos 13 estudos analisados, somente dois demonstraram pouco ou nenhum efeito ergogênico com a suplementação de ambos. Por coincidência esses dois artigos eram dos mesmos autores. Os resultados mostraram vários benefícios quando o CHO é suplementado com a CAF. Em esportes como o rugby e o futebol, em que a via energética mais usada é a anaeróbica, obteve-se benefícios como a diminuição da fadiga, maior tempo para exaustão e melhor desempenho durante os testes realizados (Gant; Ali; Foskett, 2010; Guttierres et al., 2009; Roberts et al., 2010).

Em um estudo feito por Hogervorst et al. (2008), eles avaliaram em 24 ciclistas bem treinados do sexo masculino o potencial ergogênico de uma barra contendo 45g de CHO e 100mg de CAF consumidas três vezes durante cada ensaio, totalizando 3 barras para cada indivíduo, comparados com outra barra contendo a mesma quantidade de CHO e sem CAF, e uma bebida com placebo (PLA). Eles ingeriram as barras antes e durante o treinamento. Os indivíduos achavam que a CAF estava presente na bebida e não nas barras para ser mais preciso o método duplo cego e para os participantes não saberem o que estavam ingerindo. Os ciclistas pedalarão por um período de 150 minutos à 60% do VO₂ máximo e descansaram por 5 minutos, depois fizeram um teste de exaustão à 75% do VO₂ máximo. Os participantes foram significativamente mais rápidos nos ensaios do CHO + CAF e a taxa de PSE teve uma redução significativa ($p = < 0,001$ e $p = < 0,05$, respectivamente). Da mesma forma, Cooper et al. (2013) fizeram um experimento utilizando gel contendo: CHO 20g, CHO 20g + CAF 100mg ou PLA, administrados em 3 momentos, antes e durante os testes. Porém eles testaram em exercícios de força/potência e *sprint* intermitente. Após os exercícios, o ensaio CHO + CAF

também obteve melhores resultados como: níveis de glicose sanguínea mais elevadas, redução da fadiga e PSE comparados com grupo PLA e CHO sozinho ($p < 0,05$).

Gant, Ali, Foskett (2010), examinaram a influência de uma dose moderada de CHO junto com uma solução de CAF durante uma simulação de atividade prolongada de futebol. 15 jogadores do sexo masculino com idade média de 21 anos realizaram dois testes de 90 minutos de duração sendo separados por sete dias. Eles ingeriram antes e durante o treinamento, uma solução contendo CHO e CAF, totalizando 1,8 g por kg corporal de CHO e 3,7 mg por kg corporal de CAF, ou uma bebida contendo somente 1,8 g por kg corporal de CHO. Ao final dos 90 minutos de exercício, a velocidade foi significativamente mais rápida no grupo CHO + CAF ($p = 0,03$), além de um aumento da potência física ($p = 0,04$). Também testando a coingestão do CHO com a CAF em jogadores de futebol, Guttierres et al. (2009), sendo o único estudo analisando CHO + CAF publicado no Brasil, avaliaram a influência de uma bebida esportiva cafeinada sobre a *performance* dos jogadores em testes de habilidades específicas do futebol. O estudo foi realizado com 18 jogadores de futebol profissionais e adolescentes com uma média de idade de 16 anos que treinavam quatro vezes por semana. Eles fizeram dois ensaios diferentes com a mesma intensidade de treinamentos e em dois dias distintos, um dia ingeriram uma bebida contendo 137,2g de CHO e no outro a bebida com 137,2g de CHO e 250mg de CAF antes e durante o treinamento. O treinamento começou com alguns testes físico-motores seguidos por uma partida de futebol com duração de 90 minutos e ao final eles fizeram outros testes físico-motores com o objetivo de avaliar o potencial ergogênico das duas bebidas. No final do estudo a bebida contendo CHO + CAF melhorou a potência dos membros inferiores dos jogadores sem causar efeitos adversos ao bem-estar dos indivíduos ($p = <0,01$), porém, as duas bebidas reduziram a fadiga mesmo que após uma partida de futebol. Outro estudo que também avaliou a coingestão do CHO com CAF em esportes coletivos foi feito por Roberts et al. (2010), onde eles testaram a suplementação do CHO junto com CAF sobre o desempenho

dos atletas durante uma partida simulada de rugby. Oito atletas homens com idade média de $22,0 \pm 3,5$ anos completaram três ensaios, um com 1,2g/kg de CHO, outro com 1,2g/kg de CHO + 4mg/kg de CAF e outro com PLA. A CAF foi suplementada 1 hora antes do treinamento e o CHO antes e durante. A cada cinco minutos de treinamento a PSE foi registrada e a cada 21 minutos um teste de habilidades motoras foi realizado. Os resultados mostraram uma melhora significativa nas habilidades motoras e no desempenho em 2% no grupo coingestão do CHO + CAF comparado ao PLA ($p = 0,05$ e $p = 50,05$, respectivamente).

Acker-Hewitt et al. (2011) compararam quatro ensaios diferentes: 20g de CHO, 6mg/kg de CAF, 20mg de CHO + 6mg/kg de CAF e PLA. A CAF foi administrada 1 hora antes do teste e o CHO em 3 momentos diferentes antes e durante o treinamento. Dez ciclistas do sexo masculino realizaram 20 minutos de bicicleta a 60% do VO_2 máximo e logo em seguida um teste simulado contra relógio de 20 km até completarem todo o treinamento. Foram avaliadas glicose e lactato sanguíneo, função muscular esquelética, tempo de desempenho e frequência máxima. O ensaio composto por CHO + CAF obteve melhor desempenho no tempo dos 20 km contra relógio de ciclismo ($p < 0,05$), porém os outros achados não tiveram resultados significativos. Em contrapartida Walker et al. (2007), investigaram as respostas imuno-endócrinas após 2 horas de ciclismo à 65% do VO_2 máximo em quatro ensaios compostos por 12 ciclistas treinados recreacionais do sexo masculino nas seguintes condições: 0,3g/kg de CHO + 6mg/kg de CAF, 0,3g/kg de CHO, 6mg/kg de CAF e PLA. A CAF foi administrada uma hora antes dos ensaios e a solução contendo CHO ou PLA imediatamente antes e durante os ensaios. Durante o estudo foram feitas coletas de sangue e depois analisadas para conferir as respostas imuno-endócrinas produzidas durante o treinamento. Foram analisados: metabólitos do sangue, hormônios e a interleucina 6 (IL-6). Os achados mostraram que a coingestão de CHO e CAF atenuou significativamente nas respostas da epinefrina e IL-6 ($p = < 0,05$ e $p = < 0,05$).

Os participantes tiveram níveis de glicose mais elevados uma hora após o treinamento e reduzida PSE ($p = <0,01$ e $p = <0,05$, respectivamente).

Em um estudo muito interessante Miller et al. (2014) investigou o efeito sobre o sono noturno e o desempenho no exercício utilizando o CHO associado com a CAF. Seis ciclistas triatletas do sexo masculino testaram 6mg/kg de CAF dividida em duas vezes, 3mg/kg 1 hora antes do exercício e 3mg/kg depois em 40 minutos de treinamento, associada a uma bebida energética contendo 1g/Kg de CHO e eletrólitos. Depois de concluir o treinamento foi observado benefícios no desempenho, com diminuição da PSE quando comparado ao PLA ($p <0,004$). No entanto a suplementação da CAF durante o período noturno atrapalhou a qualidade do sono dos participantes. Isso contribuiu com a ideia de que não é recomendando a ingestão da CAF após as 17 horas.

Em um estudo recente publicado na Inglaterra, Scott et al. (2015) avaliou o efeito da ingestão de um gel contendo 21,6 g de CHO com ou sem 100mg de CAF ($1,3 \pm 0,1$ mg/kg) e uma bebida PLA. 13 indivíduos do sexo masculino fizeram um teste de 2.000 metros de remo. No final do experimento o ensaio que usou o gel com CHO e com CAF foram $5,2 \pm 3,9$ segundos mais rápidos em comparação com o CHO sozinho ($p = .034$).

Beaven et al. (2013), testaram a eficiência de um enxágue bucal com uma solução contendo: CHO, CAF ou PLA no primeiro experimento e no segundo: CHO, CHO + CAF ou PLA. O estudo foi dividido em dois experimentos, o primeiro com 12 homens praticantes recreativos de modalidades esportivas e o segundo com oito dos mesmos homens que participaram do primeiro experimento. Assim que começaram os testes, os participantes fizeram um bochecho com uma solução contendo uma das opções e ao longo dos ensaios bochecharam novamente. O teste foi o mesmo nos dois experimentos e foi composto por um ciclismo de potência máxima de 5 x 6 séries de *sprints* com 24 segundos de recuperação. Foram analisados frequência cardíaca máxima e PSE. Os resultados mostraram que o CHO associado com a CAF aumentou a

produção de energia, reduzindo o IF e melhorou o desempenho no *Sprint* ($p < 0,05$).

Lee et al. (2014), investigaram a coingestão do CHO + CAF em quatro ensaios experimentais (0,8g/kg de CHO, 0,8g/kg de CHO + 6mg/kg de CAF, 6mg/kg de CAF ou PLA) em 11 atletas do sexo feminino sobre um teste de *sprint* no ciclismo que consistia em dez conjuntos de 5 x 4 séries de tiros na bicicleta ergométrica com 20 segundos de recuperação. Além disso, foi realizado também um teste de agilidade antes e depois desses *sprints* e foram avaliadas as concentrações sanguíneas de lactato, testosterona, glicose e cortisol. A coingestão do CHO + CAF neste estudo não mostrou nenhum resultado significativo e os níveis sanguíneos de lactato e glicose foram maiores, além disso o CHO sozinho proporcionou um benefício significativo no desempenho no *sprint* ($p < 0,05$). Outro estudo produzido por Lee et al. (2014), com um protocolo parecido, também investigaram a coingestão das mesmas dosagens de CHO + CAF em quatro ensaios diferentes com 12 homens submetidos a um teste de potência máxima composto por 10 conjuntos de 5 x 4 séries de *sprints* em bicicleta ergométrica com dois minutos de recuperação entre cada conjunto. Foram avaliados IF e concentrações sanguíneas de lactato, glicose, cortisol e testosterona. Os resultados comprovaram uma redução significativa de 5,2% no total de trabalho no ensaio do CHO + CAF ($p = < 0,05$), além do IF 1% maior na fase final em relação ao grupo PLA ($p = < 0,05$). Os participantes tiveram um aumento de 11,1% nas concentrações de lactato sanguíneo em comparação ao PLA ($p < 0,05$), e as concentrações de cortisol e glicose também foram maiores no ensaio do CHO + CAF ($p = < 0,05$ e $p = < 0,01$, respectivamente).

Hulston e Jeukendrup (2008) avaliaram em dez ciclistas do sexo masculino submetidos a um teste de ciclismo de 105 minutos a 55% do VO2 máximo seguido por um teste contra relógio de aproximadamente 45 minutos. O estudo foi composto por três ensaios experimentais: 75g de CHO, 75g de CHO + 5,3mg/kg de CAF e PLA. Ao longo dos testes os participantes foram ingerindo soluções contendo uma dessas opções. Entre cada experimento

houve um descanso de sete dias. Foram coletadas e analisadas amostras de sangue de glicose, lactato, ácido graxo livre e glicerol. No ensaio composto por CHO + CAF os participantes tiveram menor PSE e uma melhora de 4,6% no teste contra relógio comparado ao CHO sozinho e de 9,0%, comparado com o grupo PLA ($p = <0,05$; $p = <0,05$; $p = <0,05$ respectivamente). No entanto, as concentrações de lactato sanguíneo foram significativamente maiores no CHO + CAF ($p < 0,05$).

O foco principal deste estudo foi determinar se o CHO ingerido com a CAF aumentaria mais o efeito ergogênico já mostrados em ambos sozinhos. Nossa revisão sistemática indica que a ingestão de CHO + CAF pode melhorar significativamente o desempenho esportivo em diversas modalidades esportivas. Nos esportes coletivos como: futebol, rugby, basquete, vôlei, tênis, entre outros, com gasto energético elevado e que exigem muito dos atletas por estar o tempo todo em movimento, além de utilizarem muita potência física, resistência e habilidades motoras e por se tratar de provas longas, a coingestão do CHO com a CAF mostraram excelentes resultados como: diminuição da PSE e IF, melhora nas habilidades motoras, menor tempo para completar os testes e foco aumentado na competição. A ingestão do CHO + CAF nestes estudos foi parecida, já que a intensão deles eram investigar se as bebidas comerciais que já tem em sua fórmula CHO + CAF e que já são usadas pela grande maioria dos atletas, realmente iriam beneficiar essas modalidades esportivas (GANT; ALI; FOSKETT., 2010; GUTTIERRES et al., 2009; ROBERTS et al., 2010). Os achados também corroboram que CHO + CAF tem um grande potencial ergogênico nos exercícios aeróbios prolongados, como corridas longas e ciclismo com mais de 2 horas de duração, contribuindo que a CAF melhora a absorção intestinal de glicose, aumenta a oxidação exógena de CHO, fazendo com que os atletas completem as provas com taxas mais elevadas de glicose sanguínea (ACKER-HEWITT et al., 2011; COOPER et al., 2013; HOGERVORST et al., 2008; MILLER et al., 2014; WALKER et al., 2007). No entanto, Lee et al. (2014), não encontraram esses supostos benefícios em seus dois estudos quando comparam a coingestão do CHO +

CAF, com o CHO e a CAF sozinhos, sugerindo ainda que o CHO sozinho teve melhores resultados. Por outro lado, os testes foram de *sprints* com intervalos muito curtos de descanso de uma série para outra. O lactato sanguíneo aumentado no ensaio CHO + CAF pode ser a resposta que atenuou os resultados neste estudo de Lee et al. (2014) já que o exercício intermitente provoca respostas anaeróbicas e aumenta naturalmente o lactato. Por outro lado, Beaven et al. (2013) e Scott et al. (2015), fizeram testes parecidos de *sprints* e tiveram resultados positivos no ensaio CHO + CAF, aumentando o pico de potência motora e o desempenho nos testes comparado ao CHO e PLA.

Embora existam algumas controvérsias, podemos afirmar que a coingestão de CHO e CAF é benéfica para várias modalidades esportivas. A dose recomendada de CAF é de 3 a 6mg por kg corporal, podendo ser suplementada antes e/ou durante o exercício físico e a quantidade adequada de CHO é de 0,5 a 2g por kg corporal, podendo variar de acordo com o gasto energético e a intensidade do exercício, podendo ser ingerido antes e durante (ALTIMARI et al., 2006; CARVALHO, 2003; GRAHAM et al., 2000; SCOTT et al., 2011). A ingestão de altas doses de cafeína (> 12 mg/kg de peso) não é recomendada, pois os níveis de cafeína plasmática pode alcançar valores tóxicos. Fisicamente, a cafeína pode prejudicar a estabilidade de membros superiores induzindo-os a trepidez e tremor, resultado da tensão muscular crônica (ALTIMARI et al., 2001). A cafeína provoca vários efeitos colaterais indesejados que podem limitar seu uso em alguns esportes como insônia, dores de cabeça, irritação, ansiedade, prejuízo na memória, náuseas, desconforto gastrointestinal e diarreia osmótica. Os problemas estomacais podem ser agravados em indivíduos que já apresentam tendência para gastrite e úlcera, principalmente quando ingerida em jejum (ALTERMANN et al., 2008).

CONCLUSÕES

Os estudos analisados nessa revisão apontam que a coingestão de carboidrato e cafeína melhora significativamente o desempenho em treinamentos de resistência comparado a um placebo ou a ingestão isolada do carboidrato. Embora a grande maioria dos autores relatarem essa melhoria, ainda são necessários mais estudos com novas metodologias para avaliação da coingestão de carboidrato com cafeína no desempenho físico em modalidades e populações diversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKER-HEWITT, L. T. et al. Independent and combined effects of carbohydrate and caffeine ingestion on cycling performance in the fed state. USA: NRC Research Press, 2012.

ALTERMANN, A. M. et al. A Influência da Cafeína como Recurso Ergogênico no Exercício Físico: Sua Ação e Efeitos Colaterais. *Revista Brasileira de Nutrição esportiva*. São Paulo. v. 2. n. 10. p. 225-239. 2008.

ALTIMARI, L. R. et al. Cafeína e performance em exercícios anaeróbios. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, São Paulo, v.42, n. 1, p. 18, 2006.

ALTIMARI, L. R. et al. Cafeína: Ergogênico Nutricional no Esporte. *Revista Brasileira de Ciências e do Movimento*. Brasília. v. 9. n. 3. P. 57-64, 2001.

ANNUNCIATO, R. et al. Suplementação aguda de cafeína relacionada ao aumento de força, *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo, v. 3 n. 18, p. 509-511, 2009.

AZEVEDO, R. et al. Ergogenic effects of caffeine in test of 3.200 meters. *Fitness & Performance Journal*, v.3, n.4, p.225-230, 2004.

BEAVEN, C. M. *Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. UK, Appl. Physiol. Nutr. Metab.* v. 38, p. 633–637. 2013

BRAGA, L. C. ; Alves, M. P. A Cafeína como Recurso Ergogênico nos Exercícios de *Endurance*. *Revista Brasileira de Ciências e do movimento*. Brasília. v. 8. n. 3, p 31-37, 2000.

CARNEIRO, J. G. et al. Efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho físico e estado de humor de ciclistas. Londrina: *Revista de Educação Física UEM.* v. 24, n. 2, p. 279-286, 2013.

CARVALHO, T. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. Niterói: *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 9, n. 2, p. 43-56. 2003.

CONGER, S. A. et al. *Does caffeine added to carbohydrate provide additional ergogenic benefit for endurance? Atlanta. International Journal of Sport Nutrition and Exercise metabolism.* p. 71-84. 2011.

COOPER, R. et al. *Effects of a carbohydrate and caffeine gel on intermittent sprint performance in recreationally trained males. UK. European Journal of Sport Science.* 2013.

CORREA, C. S. Efeito das bebidas energéticas sobre o desempenho esportivo. São Paulo, *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. V. 13, n. 1, p. 153 – 164. 2014.

DAVIS, J. M. ; BAILEY, S. P. *Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. Med. Sci. Sports Exerc*, v.29, n.1, p.45-57, 1997.

GANT, N. ; ALI, A. ; FOSKETT, A. *The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2010

GRAHAM, T. E. et al. *Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. Journal of Physiology* v. 529.3, p. 837-847. 2000.

GUTTIERRES, A. P. M. et al. *Efeito ergogênico de uma bebida esportiva cafeinada sobre a performance em testes de habilidades específicas de futebol*. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de medicina do esporte, 2009.

HOGERVORST, E. et al. *Caffeine improves Physical and cognitive performance during exhaustive exercise. UK. Medicine & Science in Sports & Exercise: V. 40 – p. 1841-1851, 2008.*

HULSTON C. J. ; JEUKENDRUP, A. E. *Substrate metabolism and exercise performance with caffeine and carbohydrate intake. UK: American College of Sports Medicine*. 2008

KREIDER, R. B. et al. *ISSN exercise & Sport Nutrition Review: research & recommendations. Woodland Park. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, , v. 7, no. 1, p. 7, 2010.

LEE, C. et al. *Co-ingestion of caffeine and carbohydrate after meal does not improve performance at high-intensity intermittent sprints with short recovery times. Berlin. Eur J Appl Physiol* v. 114: p.1533–1543, 2014.

LEE, C. et al. *Effects of carbohydrate combined with caffeine on repeated sprint cycling and agility performance in female athletes. Taiwan: Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2014.*

LIBERALI, R. et al. A influência dos carboidratos antes, durante e após-treinos de alta intensidade. SC: Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. v. 2, n. 10, p. 211 – 224, 2008.

LI, T. et al. *The Effects of Pre-Exercise High Carbohydrate Meals With Different Glycemic Indices on Blood Leukocyte Redistribution, IL-6, and Hormonal Responses During a Subsequent Prolonged Exercise. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, v.14, p. 647-656. 2004.*

MAUGHAN, R. et al. Bioquímica do exercício e do treinamento. Tradução de Elisabeth de Oliveira. São Paulo: p. 241, 2000.

MILLER, B. et al. *Combined caffeine and carbohydrate ingestion: effects on nocturnal sleep and exercise performance in athletes. Berlim: Eur J Appl Physiol, 2014.*

ROBERTS, S. P. et al. *Effects of carbohydrate and caffeine ingestion on performance during a rugby union simulation protocol. UK: Journal of Sports Sciences, v. 28, p. 833–842. 2010.*

ROGATTO, G. P. Hidratos de carbono: aspectos básicos e aplicados ao exercício físico. Buenos Aires - Ano 8 n. 56 - 2003.

SCOTT, A. T. et al. *Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. UK: International Journal of Sports Physiology and Performance, v. 10, p. 464 -468. 2015*

WALKER, G. J. Immunoendocrine response to cycling following ingestion of caffeine and carbohydrate. UK. School of sport and exercise Sciences. 2007.